

Saana Kataja-aho, Aino Smolander, Hannu Fritze, Sini Norrgård ja Jari Haimi

## Kantojen korjuun vaikutukset maaperän hiili- ja typpidynamiikkaan

Seloste artikkelista: Kataja-aho, S., Smolander, A., Fritze, H., Norrgård, S. & Haimi, J. 2012. Responses of soil carbon and nitrogen transformations to stump removal. *Silva Fennica* 46(2): 169–179.

<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf46/sf462169.pdf>

**P**äätehakkuualoilta korjattavat hakkuutähteet eivät enää nykyisin yksinään riitä täyttämään lisääntyvän metsähakkeen tarvetta. Siksi päätehakkuualoilta korjataan yhä enenevässä määrin myös kantoja metsähakkeen raaka-aineeksi. Kantojen korjuu on metsäluonnolle ja etenkin maaperälle huomattavasti voimakkaampi toimenpide kuin perinteinen avohakkuu ja sitä seuraava maanmuokkaus. Kantojen korjuu rikkoo maanpintaa ja sekoittaa pintamaata kivennäismaahan 2–3 kertaa enemmän kuin laikkumätästys. Lisäksi maaperä tiivistyy lukuisten koneiden liikkeessä uudistusajalla. Tässä tutkimuksessa selvitettiin kuinka kantojen korjuu vaikuttaa metsänkäsittelyssä paljastuneen kivennäismaan hiilen (C) ja typen (N) dynamiikkaan, koska nämä prosessit ovat erittäin merkittäviä uuden puusukupolven ja alueen muun eliöstön kannalta. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin vaikuttaako kantojen korjuu paljastuneesta kivennäismaasta vapautuvien kasvihuonekaasujen, hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>), metaanin (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduulin (N<sub>2</sub>O) määriin.

Tutkimusalat, joita oli kaikkiaan 20 kpl, sijaitsivat Haukilahdessa Jämsän ja Oriveden kuntien alueella. Vuonna 2002 ja 2005 avohakatut alat olivat

2–3 hehtaarin kokoisia kuusivaltaisia mustikka- ja käenkaali-mustikkatyyppin metsiköitä. Puolelta aloista kannot nostettiin avohakkuun jälkeen ja maa täydennysmuokattiin laikkumätästyksellä riittävien istutuspaikkojen tuottamiseksi. Puolet aloista ainoastaan laikkumätästettiin avohakkuun jälkeen. Alat istutettiin taimitarhalla tuotetuilla 1,5-vuotiailla kuusentaimilla. Kaikista metsänuudistustoimenpiteistä vastasi maanomistaja UPM-Kymmene urakoitsijoinen, ja toimenpiteet toteutettiin vallitsevien metsänhoitosuosittelun mukaan. Välttämättä kosteita ja kivikkoisia paikkoja, jokaiselta tutkimusalueelta valittiin n. 30 m × 30 m:n (900 m<sup>2</sup>) ala, jolta kaikki näytteet otettiin ja mittaukset tehtiin.

Maaperänäytteet (ylin 4 cm:n kerros, 25 cm<sup>2</sup>:n kairänäytteet) otettiin aloilta paljastuneesta kivennäismaasta kahdesti, syksyllä 2006 ja syksyllä 2007. Samaan aikaan tehtiin myös kaasumittaukset aloille asetettujen kehysten rajaamista kohdista. Maaperänäytteistä selvitettiin laboratorioissa orgaanisen aineen määrä, pH, mikrobibiomassan C ja N, kokonaishiili ja -typpi, C:N-suhde, typen nettomineralisaatio ja -nitrifikaatio, nitraatti- ja ammoniumtypen määrät, hiilen mineralisaatio ja hiilidioksidin tuotanto. Kaasunäytteet otettiin maastossa ilmatiiviisiin ruiskuihin kehyksiin liitetyistä kammioista ja CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O määritettiin laboratorioissa kaasukromatografisin menetelmin.

Tulokset osoittivat, ettei maan orgaanisen aineksen määrässä eikä laadussa ollut merkittäviä eroja kannonosto- ja laikkumätästettyjen alojen välillä. Maan pH oli hieman korkeampi syksyn 2007 näytteenotossa kuin edellisellä syksynä, mutta kantojen nostolla ei ollut vaikutusta maan happamuuteen. Käsittelyt, käsittelystä kulunut aika tai näytteenottoajankohta eivät vaikuttaneet myöskään maan kokonaishiilen määrään. Kantojen korjuualojen hiilen mineralisaatio ei eronnut laikkumätästetyistä aloista, mutta oli korkeampi vanhemmilla (hakkuuvuosi 2002) hakkuualoilla myöhempiin (hakkuuvuosi 2005) verrattuna. Maaperän C:N-suhde oli

korkeampi laikkumätästysaloilla kuin kannonnostoaloilla. Mikrobibiomassan hiilen ja typhen määriin kannonnostolla ei ollut vaikutusta, mutta molemmat olivat korkeampia vanhemmilla hakkuualoilla kuin vuonna 2005 hakatuilla aloilla.

Sekä kokonaistypen että nitraattitypen määrä kantojen korjuualuejen maaperässä oli selvästi korkeampi kuin laikkumätästetyillä aloilla. Myös typen nettomineralisaatio ja -nitrifikaatio olivat korkeampia kannonnostoaloilla. Sen sijaan tyyppiä sitoutui maaperän mikrobistoon (immobilisoitui) enemmän ja ammoniumtypen (NH<sub>4</sub>-N) määrä oli korkeampi laikkumätästysaloilla verrattuna kannonnostoaloihin.

Kantojen korjuu ei juurikaan vaikuttanut maasta vapautuviin CH<sub>4</sub>- ja N<sub>2</sub>O-määriin. Sen sijaan CO<sub>2</sub>:n vapautuminen oli suurempaa kannonnosto- kuin laikkumätästysaloilla.

Tutkimus osoitti, että kantojen korjuun merkittävin vaikutus maaperän hiilen ja typhen kiertoihin johtui maanpinnan voimakkaasta sekoittumisesta, jossa pintamaa kääntyy ja/tai sekoittuu paljastuvaan kivennäismaahan ja maaperän kerroksellisuus siten suurelta osin häviää. Tämä paikoin syvältäkin tapahtuva maan sekoittuminen kiihdyttää hajotustoimintaa, mikä näkyy kannonnostoaloilla kasvaneena typen mineralisaationa ja muina vähäisempinä muutoksina. Metsikkömittakaavassa tämä saattaa lisätä typen huuhtoutumisriskiä kannonnostoaloilta ja siten vesistöjen rehevöitymistä kuin myös vaikuttaa uuden puusukupolven kasvuun. Siksi olisikin syytä kiinnittää huomiota kantojen korjuun yhteydessä korjuujälkeen ja minimoida maakerrosten sekoittuminen ja kivennäismaan paljastuminen.

■ FT Saana Kataja-aho, FM Sini Norrgård ja FT, dos. Jari Haimi, Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos; MMT Aino Smolander ja FT Hannu Fritze, Metla, Vantaan toimipaikka. Sähköposti saana.m.kataja-aho@jyu.fi

Paula Jylhä

## Karsimaton ensiharvennusmänty sulfaattisellun ja energian tuotannossa

Seloste väitöskirjasta: Jylhä, P. 2011. Harvesting undelimbbed Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from first thinnings for integrated production of kraft pulp and energy. Dissertations Forestales 133.

<http://www.metla.fi/dissertations/fd133.htm>

Suomen tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian osuus 38 prosenttiin energian loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä, kun se vuonna 2010 oli 30–31 %. Tavoitteeseen pyritään lisäämällä erityisesti puubiomassan käyttöä energiantuotannossa. Selluteollisuus on suurin uusiutuvan energian tuottaja Suomessa. Noin 40 % uusiutuvasta energiasta on peräisin selluteollisuuden sivutuotteena syntyvistä jäteliemistä, lähinnä mustalipeästä. Lisäksi kuorintajäte ja usein myös puru poltetaan. Siten jopa 60 % sellutehtaan puuraaka-aineen lämpöarvosta hyödynnetään polttoaineena. Uusiutuvan energian tuotantoa sellutehtaissa voitaisiin lisätä korjaamalla puu oksineen. Aines- ja energijakeet erotettaisiin toisistaan vasta tehtaan kuorimossa, jolloin investointeja erillisiin käsitteilylaitoksiin ei tarvittaisi. Puunhankinnan ohjauksen tehostuisi aines- ja energiapuun erillishankintaan verrattuna, ja kokopuunmenetelmällä voitaisiin lisäksi alentaa pieniläpimittaisen puun korjuukustannuksia. Tutkimuksessa selvitettiin karsimattoman ensiharvennusmäntyn teknis-taloudellista kilpailukykyä yhdistetyssä sulfaattisellun ja energiantuotannossa, kiinnittäen huomiota erityisesti kokopuun paalauksen soveltamismahdollisuuksiin. Paalauksella voidaan alentaa kokopuun lähi- ja kaukokuljetuskustannuksia tiivistämällä kokopuut nipuiksi, joilla päästään suurempiin kuormakoihin kuin irrallisella kokopuun kuljetuksella. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös vaihtoehtoisten ensiharvennuspuun hankintaketjujen ympäristövaikutuksia.

Osa- ja kokopuunmenetelmillä saatavaa lisäraaka-aineen määrää ja sen koostumusta tutkittiin seitsemässä Keski-Suomessa sijaitsevassa ensiharvennus-

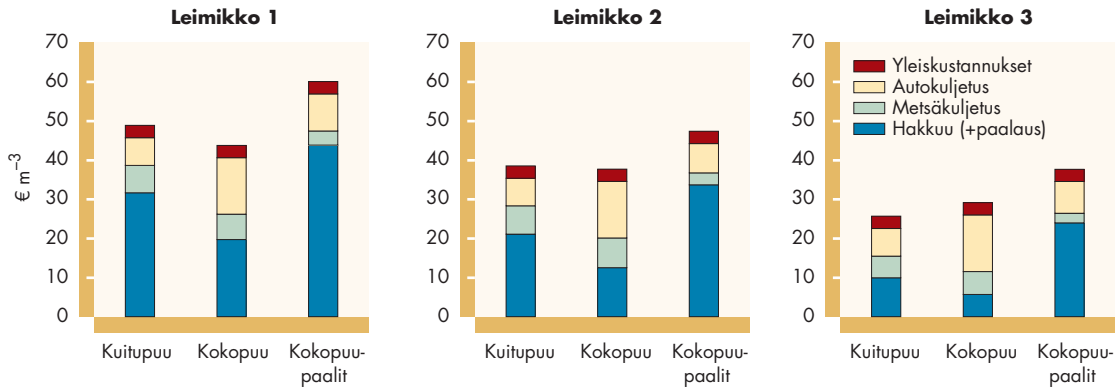
männikössä. Osapuuneneltemässä ainespuun mitat täyttävät rungonosat korjattiin karsimattomina ja kokopuuneneltemässä kokonaiset rungot oksineen.

Karsimattoman ensiharvennumännyn soveltuvuutta sellunvalmistukseen arvioitiin tehdasmitta-kaavaisen kuorintakokeen ja laboratoriossa tehtyjen koekeittojen avulla. Kolmesta koeajosta koostuneessa kokeessa käytettiin paalattua osapuuta, joka kuorittiin ja hakettiin tavanomaiseen, ensiharvennuskilta tavaralajimenetelmällä korjattuun kuitupuuhun sekoitettuna siten, että karsimattoman puun tilavuusosuus oli 8 ja 16 % kuorimoon syötetyn puuvirran tilavuudesta. Verrokkina oli koeajo, jossa käytettiin pelkästään tavanomaista ensiharvennumäntykuitupuuta. Ensiharvennumpuun hankintaketjujen tehokkuuden mittarina käytettiin suhteellista jäännösarvoa (puustamaksukykyä) kannolla. Tässä tutkimuksessa jäännösarvot saatiin vähentämällä sellun, energian (sähkö ja lämpö) ja sivutuotteiden (mäntyöljy, tärpähti) myyntituloista sellunvalmistuksen (pl. pääoma- ja puukustannukset) ja puunhankinnan kustannukset. Tässä lähestymistavassa otetaan huomioon myös raaka-aineen koostumus, joka vaikuttaa sellunvalmistuskustannuksiin sekä energiasta ja sivutuotteista saataviin myyntituloihin. Laskelmat tehtiin kolmelle keskisuomalaiselle ensiharvennumännikölle, joissa hakkuussa poistetun puuston keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat olivat 6–12 cm. Vertailut puunhankintaketjut perustuivat koneelliseen tavaralaji- ja kokopuuhakkuuseen sekä kokopuun paalaukseen. Kuitupuun hakattiin yksinpuin, ja kokopuuhakkuussa sovellettiin joukkokäsittelyä. Kokopuuvaihtoehdoissa korjattavalle puulle ei asetettu vähimmäismittoja. Jäännösarvot tehtaalla laskettiin sellunvalmistuksen materiaalitasemallilla, ja jäännösarvot kannolla saatiin vähentämällä näistä puutavaran autokuljetuksen, metsäkuljetuksen ja hakkuun kustannukset sekä puunhankintaorganisaation yleiskustannukset. Laskennassa ei huomioitu sellutehtaan pääomakustannuksia, sillä niissä on suurta vaihtelua yritysten ja tuotantolaitosten välillä. Siten tuloksia voidaan käyttää ainoastaan hankintaketjujen tehokkuuden vertailuun. Puunkorjuun ja autokuljetuksen kustannukset laskettiin ajanmenekkimallien ja korjuu- ja kuljetuskaluston tuntikustannusten perusteella. Kokopuupaalaimen tuottavuustiedot perustuvat koneen toisella prototyypillä tehtyyn aikatutkimukseen. Herkkyysanalyyseissä tarkasteltiin sellun ja ener-

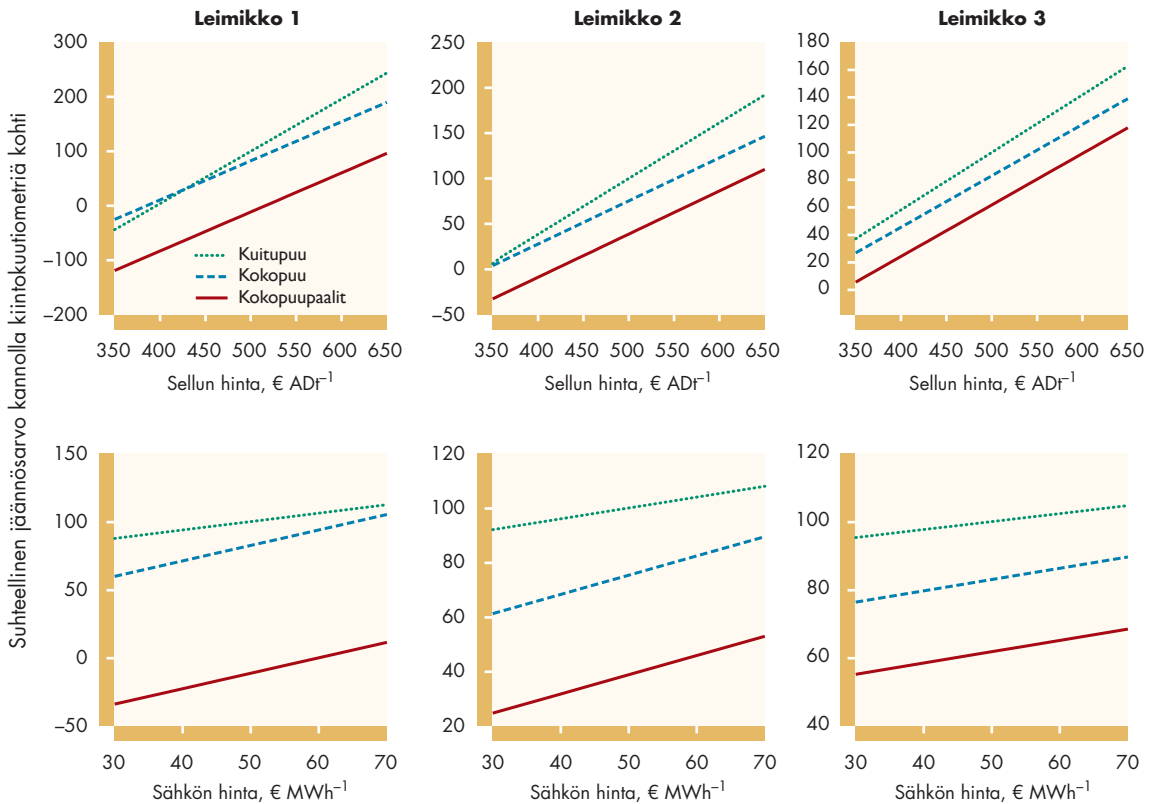
gian hinnan sekä lähi- ja kaukokuljetusmatkojen vaikutusta hankintaketjujen kilpailukykyyn. Perusvaihtoehdossa sellun hinnaksi oletettiin 500 € ADt<sup>-1</sup> (ADt = ilmaikuiva sellutonni), sähköön 50 € MWh<sup>-1</sup>, lämmön (prosessihöyry) 10 € MWh<sup>-1</sup> ja sivutuotteiden 350 € t<sup>-1</sup>. Metsäkuljetusmatkana perusvaihtoehdossa oli 296 m ja autokuljetusmatkana 106 km. Karsimattoman puun korjuun seurannaisvaikutuksia arvioitiin lähinnä kirjallisuuden perusteella, minkä lisäksi laskettiin kolmen edellä kuvatun hankintaketjun energiankulutus ja suorat hiilidioksidipäästöt.

Tutkimusaineistoon kuuluneissa leimikoissa latvusmassa (oksat ja neulaset) lisäsi hakkuukertymää 11–28 %. Kokopuuhakkuussa otetaan talteen myös kuitupuun mitat alittavaa runkopuuta, joka voi lisätä hakkuukertymää huomattavasti pieniläpimittaisissa leimikoissa. Kokopuuneneltemä alensi hankintaketjujen tehokkuusvertailuun kuuluneissa esimerkkileimikoissa hakkuukustannuksia tavaralajimenetelmään verrattuna jopa yli 40:llä prosentilla, ja se johti pienimpiin puunhankinnan yksikkökustannuksiin kahdessa pieniläpimittaisimmassa leimikossa (leimikot 1 ja 2, kuva 1). Paalaus alensi kokopuun lähikuljetuskustannuksia 44–60 % ja kaukokuljetuskustannuksia 46–48 %, mutta syntyneet kustannussäästöt eivät kattaneet kohonneita hakkuuvaiheen kustannuksia. Kuljetusmatkojen pidentyminen paransi kuitenkin paalausmenetelmän kilpailukykyä. Kokopuun paalaukseen perustuva tuotantoketju olisi ollut kilpailukykyinen tavanomaisen kokopuukorjuun kanssa, jos paalauksen tuottavuus olisi ollut 40–60 % korkeampi kuin koneen toisella prototyypillä.

Tehdaskokeen perusteella ainakin mäntyosapuuta voidaan käyttää tavanomaiseen pieniläpimittaiseen mäntykuitupuuhun sekoitettuna massan laatua heikentämättä. Karsimaton puu voi kuitenkin lisätä kuituhävikkiä tuotantoprosessin eri vaiheissa. Tavaralajihakkuuseen perustuva tuotantoketju oli jäännösarvotarkastelun perusteella tehokkaampi kuin kokopuuketjut, mutta hakkuukertymän lisäyksen huomioiminen paransi yleensä kokopuukorjuun suhteellista kilpailukykyä. Puustamaksukyky heikkeni raaka-aineen polttojakeen osuuden kasvaessa, ja kokopuuneneltemät olivat kilpailukykyisimmillään pieniläpimittaisimmassa leimikossa. Sellun hinnan lasku ja energian hinnan nousu paransivat kokopuuvaihtoehtojen kilpailukykyä, mutta tarkastellulla sel-



**Kuva 1.** Puunhankintakustannukset esimerkkileimikoissa. Hakuukertymän keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat leimikoissa 1–3 olivat 6, 8 ja 12 cm.



**Kuva 2.** Sellun ja sähkö hinnan vaikutus suhteelliseen jäännösarvoon kannolla esimerkkileimikoissa.

lun hinnan vaihteluvälillä (350–650 € ADt<sup>-1</sup>) tavanomainen kokopuukorjuu oli tavaralajimenetelmää kilpailukykyisempi vasta erittäin alhaisilla sellun hinnoilla (kuva 2). Energian hinnanmuutoksilla oli huomattavasti vähäisempi vaikutus puustamaksukykyyn kuin sellun hinnalla. Kuljetusmatkojen piteneminen paransi kokopuun paalauksen kilpailukykyä. Puunhankintaketjujen energiankulutus oli 47–101 kWh m<sup>-3</sup> ja suorat hiilidioksidipäästöt 13–27 kg m<sup>-3</sup>. Kokopuun paalaus alensi metsäkuljetuksen energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä kaikissa leimikoissa sekä irrallisen kokopuun että kuitupuun metsäkuljetukseen verrattuna, ja autokuljetuksessa sillä alitettiin kokopuun kuljetuksen vastaavat luvut. Vähennykset eivät kuitenkaan kompensoineet hakuu vaiheen lisääntynyttä energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä, jotka olivat kokopuun paalaukseen perustuneella hankintaketjulla suurimmat kaikissa leimikoissa. Pieniläpimittaisimmassa leimikossa tavaralajimenetelmän ja tavanomaiseen kokopuukorjuun välillä ei ollut eroja, muissa leimikoissa tavaralajimenetelmä johti pienimpään energiankulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin. Kokopuukorjuu lisää ravinteiden poistumista kasvupaikalta, mikä voi heikentää sen puuntuotoskykyä. Siksi männyn kokopuukorjuuta ei suositella karuilla soilla ja karuilla kangasmailla. Kokopuukorjuu voi lisätä myös ajourapainaumia, sillä ajokertojen määrä lisääntyy, ja metsään jää vähemmän maaperää suojaavaa hakkuutähdettä. Kokopuupaalaimen suuri paino ja kuormakoon kasvu metsäkuljetuksessa lisäävät maastovaurioiden riskiä.

Tavanomaisella joukkokäsittelyyn perustuvalla kokopuuhakkuulla voidaan alentaa korjuukustannuksia erityisesti pieniläpimittaisissa leimikoissa. Tutkimuksessa ei ilmennyt merkittäviä teknisiä esteitä karsimattoman männyn käyttämiselle sellunvalmistuksessa seoksena normaalin ensiharvennuksilta korjatun kuitupuun kanssa. Karsimaton puu lisää kuitenkin kuituhävikkiä prosessin eri vaiheissa, eivätkä lisääntyneet energian myyntitulot kompensoi näitä menetyksiä nykyisellä sellun ja energian hintasuhteella. Tuotantokustannusten lisäksi myös puun kantohinta vaikuttaa hankintaketjujen kilpailukykyyn. Karsimattoman puun kantohinta olisi todennäköisesti alhaisempi kuin normaalin kuitupuun, mikä parantaa kokopuumenetelmien kilpailukykyä. Ensiharvennuspuiden korjuukustannukset nousevat

yrkästi, kun puun rinnankorkeusläpimitta alittaa 10 cm. Järeiden pieneneminen lisää myös energiajakeen osuutta. Sen vuoksi kokopuukorjuussa tulisi välttää kuitupuun mitat alittavan puun talteenottoa. Kuoren ja oksien kosteus lisääntyy kuorinnassa, mikä heikentää energiantuotannon kannattavuutta. Erityisesti kuitupuun ylitarjontatilanteessa pieniläpimittaisimman puun suora poltto voikin olla rationaalisempi ratkaisu kuin käyttö sellun raaka-aineena.

■ MMT Paula Jylhä, Metla, Kannuksen toimipaikka. Sähköposti paula.jylha@metla.fi

Anna Rytönen

## *Phytophthora*-munasienisuvun kasvitautinaiheuttajia myös Suomen taimitarhoilla – tulevaisuuden uhka taimituotannolle?

Seloste väitöskirjasta: Rytönen, A. 2011. *Phytophthora* in Finnish nurseries. Dissertationes Forestales 137. <http://www.metla.fi/dissertationes/df137.htm>

Ihmisen mukana ympäri maailmaa liikkuvat tulo- ja kasvitautinaiheuttajat ovat uhka sekä kasvintuotannolle että luonnonympäristöille ja biodiversiteetille. Kasvitautinaiheuttajat muodostavat yhden merkittävimmistä tulo- ja kasvitautinaiheuttajista ja ne kulkeutuvat useimmiten maasta toiseen ihmisen kuljettamien kasvien ja kasvitautinaiheuttajien välityksellä. Näistä ehkä pahaimaisimpia ovat *Phytophthora*-suvun mikrobit. Suku *Phytophthora* kuuluu ns. munasienten lahkoon (Oomycetes), ja suvun lajeista tunnetaan pääasiassa kasvitautinaiheuttajia. Ne aiheuttavat monenlaisia oireita hyvin monilla kasvilajeilla hienojuurikuolleisuudesta runkokoroihin ja lehti- ja oksalaikkuihin. Vieraslajeina ne ovat aiheuttaneet dramaattisiakin tautiepidemioita kasvintuotannossa, metsätaloudessa sekä luonnonekosysteemis-



sä ympäri maailmaa. Esimerkiksi erittäin monisäntäinen *Phytophthora cinnamomi* on tuhonnut Australiasta kokonaisia ekosysteemejä, *P. alni* on 1990-luvulta lähtien hävittänyt keskieurooppalaisia joenrantalepikoita, ja taimimateriaalin mukana USA:aan tuotu *P. ramorum* on 1990-luvun lopulta alkaen tuhonnut siellä länsirannikon tammimetsiä. *P. ramorum* löydettiin vuonna 2009 myös Ison-Britannian lehtikuusimetsistä, joissa se on edennyt jo laajalle aiheuttaen metsiköiden nopeaa kuolemista. Suomen metsätalouden kannalta toistaiseksi merkittävin laji on *P. cactorum*, joka löydettiin Suomesta 1990-luvulla ja on siitä lähtien haitannut sekä mansikan että koivun kasvatusta.

Viime vuosina eri puolilla maailmaa varsinkin taimitarhoille on havaittu pesiytyneen paljon *Phytophthora*-lajeja. Väitöskirjatutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitä *Phytophthora*-lajeja meillä jo esiintyy ja mitkä ovat ne kasvilajit, joilla ne voivat aiheuttaa tauteja, sekä rajoittaako talvi niiden vakiintumista pysyväksi uhkaksi kasvituotannossa. Lisäksi työssä kehitettiin molekyylibiologinen menetelmä, jonka avulla munasienten lahkoon mikrobit (esim. *Phytophthora*) voidaan löytää ja tunnistaa erilaisista näytteistä ilman mikrobin viljelyä.

Tutkimuksessa *P. cactorum* eristettiin useampaan otteeseen luonnonvesistä, missä se pystyi myös säilymään talven yli. Lisäksi osoitettiin kasteluveden olevan mahdollinen koivun levälaikun tartuntalähde taimitarhoilla. Tämä lajin lisäksi koristekasvitarhojen alppiruusuista (*Rhododendron* spp.) löytyi kolme Suomelle uutta *Phytophthora*-lajia: *P. ramorum*, *P. plurivora* ja *P. pini*, joista toinen eristettiin myös syreeniltä (*Syringa vulgaris*, kuva 1). *P. plurivora* on laji, jolla on monia isäntäkasveja sekä metsässä että taimitarhoilla, ja sitä on löydetty sekä juuristoista että runkojen nekroottisista laikuista eri puolilla Eurooppaa. *P. piniä* on sitä vastoin löydetty Euroopassa harvemmin ja ainoastaan taimitarhoilta, ja lajin arvelaan olevan hiljattain kulkeutunut Eurooppaan Pohjois-Amerikasta, jossa sitä löydetään laajemmin mm. pyökkimetsistä.

Uusista tulokkaista ainoa karanteenilaji, *P. ramorum*, oli kylmänkestävyydesteissä parhaiten sopeutunut kasvamaan kylmissä lämpötiloissa ja se pystyi myös selviämään taimitarhalla 6 vuoden ajan huolimatta vuotuisista hävitystoimenpiteistä. Tartuntakokeissa *P. plurivora* ja lähisukulainen *P.*



**Kuva 1.** *Phytophthora plurivoran* aiheuttama latvan kuoleminen syreenillä (*Syringa vulgaris*).

*pini* aiheuttivat oireita mm. metsäkuusen (*Picea abies*), rauduskoivun (*Betula pendula*), heiden (*Viburnum lantana*), mansikan (*Fragaria × ananassa*), mustikan (*Vaccinium myrtillus*), pensasmustikan (*V. angustifolium*), juolukan (*V. uliginosum*), alppiruusun ja syreenin taimille. Nämä lajit pystyivätkin paitsi tartuttamaan useampia suomalaisia puu- ja kasvilajeja kuin *P. cactorum* ja *P. ramorum*, myös aiheuttivat suurempaa kuolleisuutta.

Suomen metsätaimitarhojen yleisin puulaji, metsäkuusi, oli erittäin altis *P. plurivoran* ja *P. pini* infektiolle. *P. plurivoran* parveiluitiöliuksella kasteltujen kuusentaimien versojen solukkoleikkeissä sen havaittiin infektoivan tehokkaasti kasvussa olevan verson ja tappavan soluja nopeasti taimen lähes kaikissa solukoissa. Oireet ilmenivät neljän päivän kuluttua tartutuksesta.

Väitöstutkimuksessa kehitetyssä DNA-pohjaisessa tunnistusmenetelmässä (PCR-DGGE) monistetaan kasvinäytteen DNA:ta munasienille spesifisillä alukkeilla (joilla rajataan monistettava alue siten että vain munasienten ribosomaalista DNA:ta monistuu) ja erotetaan syntyneet monistustuotteet denaturoivan geielektroforeesin avulla toisistaan. Menetelmä kykeni erottamaan lähes kaikki 16:sta testatusta *Phytophthora*-lajista, ja sillä oli mahdollista löytää

myös useampi laji samasta näytteestä. Menetelmä soveltuu hyvin esimerkiksi munasienille tyypillisistä oireista kärsivien kasvien analysointiin. Sitä voidaan hyödyntää myös tutkimuksissa, joissa pyritään selvittämään luonnonvaraisten munasienien, erityisesti vaarallisiksi osoittautuneiden *Phytophthora*-lajien, esiintymistä luonnossa.

Havaittujen *Phytophthora*-lajien ominaisuudet, kuten kyky säilyä alhaisissa lämpötiloissa ja tartuttaa luonnonkasveja, mahdollistavat niiden vaikiintumisen taimitarhoillemme sekä leviämisen myös luontoon. On hyvin todennäköistä, että uusia *Phytophthora*-suvun aiheuttamia tauteja havaitaan sekä Suomesta että muista pohjoismaista ellei kasvi-kauppaa rajoiteta ja/tai kasvintarkastustoimenpiteitä tehosteta Euroopan sisällä.

■ MMT Anna Rytönen, Metla, Vantaan toimipaikka. Sähköposti [anna.rytkonen@metla.fi](mailto:anna.rytkonen@metla.fi)